

CLIPPEDIMAGE= JP403285374A

PAT-NO: JP403285374A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03285374 A

TITLE: PIEZOELECTRIC BIMORPH ELEMENT AND DRIVING METHOD  
THEREFOR

PUBN-DATE: December 16, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MATSUMURA, TAKENOBU

FURUTA, KEIICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

UBE IND LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP02084827

APPL-DATE: April 2, 1990

INT-CL (IPC): H01L041/09

ABSTRACT:

PURPOSE: To prevent insulator breakdown, deterioration of a displacement characteristic by multiplying the ratio of the thicknesses of a forward electric field applying side piezoelectric plate to a backward electric field applying side piezoelectric plate by specific times as large as the ratio of the electric field value of maximum electric field dependency of piezoelectric constant of the forward plate to coercive electric field value of the reverse plate.

CONSTITUTION: In a piezoelectric bimorph element formed in a bimorph structure by bonding two piezoelectric plates, piezoelectric d

constants of a forward electric field applying side piezoelectric plate 1 and a backward electric field applying side piezoelectric plate 2 are made different, and the ratio of the thicknesses of the plate 1 to the plate 2 is set to 1.2-2.0 times as large as the ratio of the electric field value of maximum electric field dependency of piezoelectric  $d_{33}$  constant of the plate 1 to the coercive electric field value of the plate 2. That is, the thicknesses and materials of the plates 1, 2 are altered, a material having large piezoelectric  $d$  constant is used as the plate 1, and the electric field value is so applied that the electric field induction distortion becomes maximum. On the other hand, a piezoelectric material having large coercive electric field value is used as the plate 2 in which its available voltage is limited by the coercive electric field value to obtain a piezoelectric bimorph element having small insulator breakdown and high reliability.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP) ⑩ 特許出願公開  
⑫ 公開特許公報(A) 平3-285374

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>  
H 01 L 41/09

識別記号 庁内整理番号

④ 公開 平成3年(1991)12月16日

7210-4M H 01 L 41/08

M

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑬ 発明の名称 圧電バイモルフ素子及びその駆動方法

⑭ 特 願 平2-84827

⑮ 出 願 平2(1990)4月2日

⑯ 発 明 者 松 村 武 宣 山口県宇部市大字小串1978番地の5 宇部興産株式会社宇部研究所内

⑰ 発 明 者 古 田 圭 一 山口県宇部市大字小串1978番地の5 宇部興産株式会社宇部研究所内

⑱ 出 願 人 宇部興産株式会社 山口県宇部市西本町1丁目12番32号

明 細 書

1. 発明の名称

圧電バイモルフ素子及びその駆動方法

2. 特許請求の範囲

(1) 2枚の圧電板を貼り合わせてバイモルフ構造とした圧電バイモルフ素子において、順電界印加側圧電板と逆電界印加側圧電板との圧電 $d$ 定数を異ならしめ、前記順電界印加側圧電板と逆電界印加側圧電板との厚さの比を、順電界印加側圧電板の圧電 $d_{33}$ 定数の電界依存性最大の電界値と逆電界印加側圧電板の抗電界値との比の1.2~2.0倍としたことを特徴とする圧電バイモルフ素子。

(2) 特許請求の範囲第1項の圧電バイモルフ素子に順電界印加側圧電板の抗電界値にほぼ等しい負電界を加えて後に、正電界を加えることを特徴とする圧電バイモルフ素子の駆動方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は分極済の圧電板に電圧を印加した場合に生じる圧電板の伸縮変形を利用した圧電バイモ

ルフ素子及びその駆動方法に関する。

(従来の技術及びその問題点)

第2図は従来の圧電バイモルフ素子を示す図である。第2図において表面電極を形成した圧電板1、2を金属製のシム板に貼り合わせて圧電バイモルフ素子が形成される。圧電板1、2に外部から電圧 $V$ を印加すると、各圧電板には $E = V / (h / 2)$ なる電界を生じる。圧電板の自発分極 $P_s$ の方向が第2図の如くであれば、圧電板1には自発分極 $P_s$ に対して順電界が加わり、圧電板2には逆電界が加わる。圧電板1は長さ方向と厚み方向にそれぞれ下記式(1)、(2)で表される電界誘起ひずみを生ずる。

$$-S_L = d_{31} \cdot E \quad (1)$$

$$S_h = d_{32} \cdot E \quad (2)$$

ここで $S_L$ と $S_h$ はポアソン比 $\sigma$ によって下記式(3)で関係付けられる。

$$\sigma = S_L / S_h \quad (3)$$

他方、逆電界が加わる圧電板2は符号は変わるが、長さ方向に $S_1$ 、厚み方向に $-S_1$ の電界誘起ひずみを生じ、圧電板1、2は貼り合わされているので、一端を固定すれば他端は曲げ変形を生じる。前記式(1)、(2)によれば、印加電圧 $V$ を大きくするほど、圧電板の電界誘起ひずみは大きくなる。順電界が印加される圧電板1については、自発分極の方向に電界を加えることから、絶縁破壊電圧一杯まで電圧を印加した方が有利であるという考えから、特公昭63-47040号公報では、順電界印加側の圧電板の厚みを逆電界印加側の圧電板の厚みより薄くして、同じ電圧が各圧電板に加わっても、順電界印加側には絶縁破壊電圧一杯の高い電界が加わるようにして、結果として大きな変位量を得ようとしている。この場合、逆電界印加側圧電板に印加できる電界は、自発分極 $P_s$ が反転する抗電界値以下に制限されるのは当然であるが、変位量を大きくするためには順電界印加側圧電板の絶縁破壊電圧一杯の高い電圧を印加することになり、このため絶縁破壊が起こり易いという

欠点があった。

(問題点を解決するための手段)

従来、電界依存性については注意が払われていなかったが、本発明者らは、前記問題点を解決するために電界依存性に着目して検討を行った結果、前記式(1)、(2)中の圧電 $d_{33}$ 定数、圧電 $d_{31}$ 定数が、電界によって大きく値が変わり、かつ、特定の電界で極大値を示すことを見出した。

さらに圧電バイモルフ素子において大きな変位量を得るためには、順電界印加側圧電板と逆電界印加側圧電板との厚さの比を、単に小さくするのではなく、順電界印加側圧電板の圧電 $d_{33}$ 定数の電界依存性最大の電界値と逆電界印加側圧電板の抗電界値との比との関係において特定の範囲に設定すればよいことを見出し本発明に至った。

本発明は、2枚の圧電板を貼り合わせてバイモルフ構造とした圧電バイモルフ素子において、順電界印加側圧電板と逆電界印加側圧電板との圧電 $d$ 定数を異ならしめ、前記順電界印加側圧電板と逆電界印加側圧電板との厚さの比を、順電界印加

側圧電板の圧電 $d_{33}$ 定数の電界依存性最大の電界値と逆電界印加側圧電板の抗電界値との比の1.2～2.0倍としたことを特徴とする圧電バイモルフ素子に関する。

また本発明は、前記圧電バイモルフ素子に順電界印加側圧電板の抗電界値にほぼ等しい負電界を加えて後に、正電界を加えることを特徴とする圧電バイモルフ素子の駆動方法に関する。

本発明によると、順電界印加側圧電板の厚み $T_1$ と逆電界印加側圧電板の厚み $T_2$ との比を、順電界印加側圧電板の圧電 $d_{33}$ 定数の電界依存性最大の電界値 $E_{max}$ と逆電界印加側圧電板の抗電界値 $E_c$ との比の1.2～2.0倍とすることにより、大きな変位量を得られる。

また本発明によると、順電界印加側圧電板においても抗電界値とほぼ等しい負電界を加えて後に正電界を加えると、電界誘起縦ひずみから求めた圧電 $d_{33}$ 定数の極大値をとる傾向が顕著になり、得られる $d_{33}$ 定数も0ボルトから正電界を加える場合より大きな値をとる。従来技術では、順電界

印加側圧電板に絶縁破壊電圧ギリギリの高い電界を印加していたので、素子の絶縁破壊も起こり易く、かつ、圧電 $d_{33}$ 定数が極大を越えてむしろ低下した領域の高い電界を使用していることから、得られる電界誘起ひずみはかえって小さかったという結論に至る。

本発明の目的は、第1図に示すように、圧電板の厚みと材料を変え、順電界印加側圧電板には圧電 $d$ 定数の大きな材料を用い、電界誘起ひずみが最大となるような電界値を印加し、他方、抗電界値によって使用電圧が制限される逆電界印加側圧電板には抗電界値の大きな圧電材料を用いることで、絶縁破壊の少ない信頼性の高い圧電バイモルフ素子を提供しようとするものである。

圧電バイモルフ素子を使用する用途は多様であり、比較的短時間の変位でアクチュエータとしての目的を達する場合は、逆電界印加側圧電板に印加できる電界値は抗電界値に近い値でもよい。しかし、長時間の変位を必要とする場合は、逆電界印加側圧電板の分極破壊により特性劣化が著しい

ので、できるだけ抗電界値より低い値が望ましい。  
(実施例)

圧電板の厚み方向に電圧を印加した際に生じる縦方向(厚み方向)のひずみ量を直接測定できる装置を用いて、電界誘起縦ひずみ～電界強度(0～2 kV/mm)の関係を求めた。使用した圧電材料は $d_{33}$ 定数 $=-255 \times 10^{-12}$  m/V、 $Kr=0.57$ 、 $Ec=500$  V/mmである。電界誘起縦ひずみを電界強度で除して得た圧電 $d_{33}$ 定数(図中、縦軸)と電界強度(図中、横軸)の関係を第3図中、曲線Aで示す。曲線Aが示すように、圧電 $d_{33}$ 定数は明らかに電界強度依存性を示し、1 kV/mm付近で極大を示す。共振・反共振法で測定する圧電 $d_{33}$ 定数は第3図の電界強度がゼロに近い領域での値である。

他方、電界誘起ひずみの発生を、電圧0 Vからスタートするのではなく、一旦、順電界印加側圧電板の抗電界値にほぼ等しい負電界を加えて後に正電界を印加した時、発現する電界誘起ひずみを測定し、これから求めた圧電 $d_{33}$ 定数と電界強度の

関係を第3図中の曲線Bで示す。圧電 $d_{33}$ 定数はほぼ1 kV/mmの電界強度で極大を示すことは変わらないが、極大値は曲線Aの場合と比べて著しく大きい。この現象は分極済みの圧電板に再び電界を印加する場合、分極方向とは逆の方向に電界を加えて自発分極の配列状態を、一旦、無配列に近い状態に戻してから正電界を加えることによって、従来、利用していなかった領域のひずみも加算利用することができることを示している。第3図中の $-500$  V/mmの負電界を加えてから正電界を加えた場合、電界強度1 kV/mmの $d_{33}$ は $1610 \times 10^{-12}$  m/Vであったものが、電界強度2 kV/mmでは $1340 \times 10^{-12}$  m/Vに低下してしまう。厚み1 mmと0.5 mmの圧電板にそれぞれ1 kVを印加した時、発生するひずみは前記式(2)から

$$\begin{aligned} S_{11V} &= d_{33} \cdot E \\ &= 1610 \times 10^{-12} \times 10^6 \\ &= 1.61 \times 10^{-3} \\ S_{22V} &= d_{33} \cdot E \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1340 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^6 \\ &= 2.68 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

従って、1 mm厚みの圧電板の厚み変化は

$$1.61 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

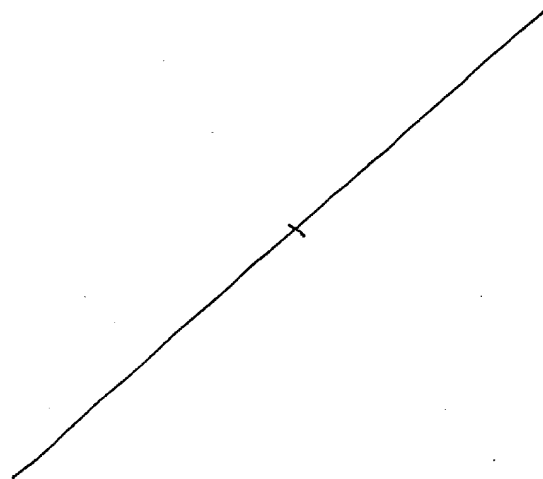
0.5 mm厚みの圧電板の厚み変化は

$$\begin{aligned} &2.68 \times 10^{-3} \times 0.5 \\ &= 1.34 \times 10^{-3} \text{ mm} \end{aligned}$$

となり、結果的に0.5 mmの圧電板に2 kVの高電圧を加えるより、1 mmの厚みに1 kVの電圧を加えた方がより大きな変位量を得ることができる。

次に、逆電界印加側圧電板として、 $d_{31}=-165 \times 10^{-12}$  m/V、 $Ec=1980$  V/mm、 $Kr=0.6$ 、厚み $T_z=0.217$  mmのPZT板を用い、シム材に熱膨張係数がPZTに近い42合金を用い、順電界印加側圧電板の厚み $T_1$ を変えてバイモルフ素子を作成した。素子の幅 $W$ を10 mm、自由長 $L$ を30 mmとした。順電界印加側圧電板の圧電 $d_{33}$ 定数最大を与える電界値 $E_{max}$ は1000 V/mmであり、逆電界印加側圧電板の抗電界値 $Ec$ は1980 V/mmである。

このような厚み構成よりなるバイモルフ素子に20 gの負荷を与え、印加電圧を0 V～200 Vまで印加した時の素子先端変位量を求めた。第1表に、 $T_1/T_z$ と20 g負荷時の変位量を示す。またその変化の様子を第4図に示す。図中、縦軸は20 g負荷時の変位量( $\mu$ m)を、また横軸は、順電界印加側圧電板の厚み(mm)である。



第1表

試料 番号	T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub>	20g 負荷時 変位量 $\mu m$
1	0.11	$E_{MAX} / E_c$ の 1.0	455
2	0.14	" 1.3	490
3	0.16	" 1.5	495
4	0.18	" 1.6	488
5	0.20	" 1.8	470
6	0.27	" 2.5	370

を乗じた値80Vに等しい。最大変位量は0Vから印加する場合と比べて30%も増加している。順電界印加側の抗電界値を越えて大きな負電界値を印加すると分極が反転してしまうので、変位量は減少した。この素子を室温で0V→-80V→200Vのパターンで1万回駆動したが、絶縁破壊はまったく起こらず、変位量の減少もほとんど無かった。

(発明の効果)

本発明によれば、順電界印加側圧電板に絶縁破壊限度に近い高電圧を加える事もなく、負荷下変位量を増大でき、かつ、逆電界印加側圧電板も負荷時間に応じた電界強度を印加するように厚みを調節することで、絶縁破壊や変位特性の劣化の少ない長期安定性に優れたバイモルフ素子を提供することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係わる圧電バイモルフ素子の斜視図であり、第2図は従来の圧電バイモルフ素子の斜視図である。第3図は電界誘起ひずみから

第4図に示すように、順電界印加側圧電板の厚みが減少すると、素子先端変位量は一旦上昇するが、0.16mmの厚み付近で極大を持ち、それ以上薄くなると、20g負荷時の変位量はむしろ減少する。極大を与える圧電板に加わる電界値は1250V/mmで、第3図に示す電界誘起ひずみから求めた圧電d<sub>33</sub>定数が最大となる電界強度に近い。

次に、順電界印加側圧電板厚みを0.16mm、逆電界印加側圧電板の厚みを0.217mmとしたバイモルフ素子の先端に15gの負荷を加えた状態で、素子に種々の電圧パターンを印加した時の先端変位量の変化をみた。電圧印加は、素子に負電圧0V~-130Vまで種々変えて50msec間印加し、しかる後に200Vの正電界を50msec間印加した。結果を第5図に示す。図中縦軸は、素子先端変位量( $\mu m$ )を、また横軸は、順電界印加側圧電板に印加する負の印加電圧(V)を示す。

第5図から、素子先端変位量は-80V付近で最大となることが判る。この電圧値は順電界印加側圧電板の抗電界値500V/mmに厚み0.16mm

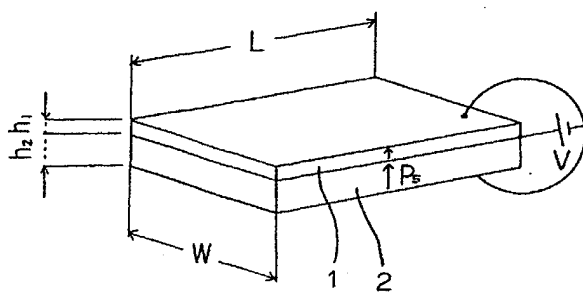
求めた圧電d<sub>33</sub>定数の電界強度依存性を示すグラフ図である。第4図は、順電界印加側圧電板の厚み/逆電界印加側圧電板の厚みの比を変えて作成した圧電バイモルフ素子の20g負荷下の変位量と順電界印加側圧電板の厚みとの関係を示すグラフ図である。第5図は負電界を加えて後に正電界を印加する駆動電圧パターンで駆動した時のバイモルフ素子の先端変位量の変化を示すグラフ図である。

1: 順電界印加側圧電板

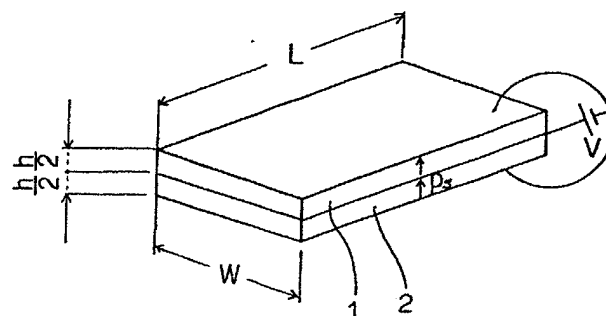
2: 逆電界印加側圧電板

特許出願人 宇部興産株式会社

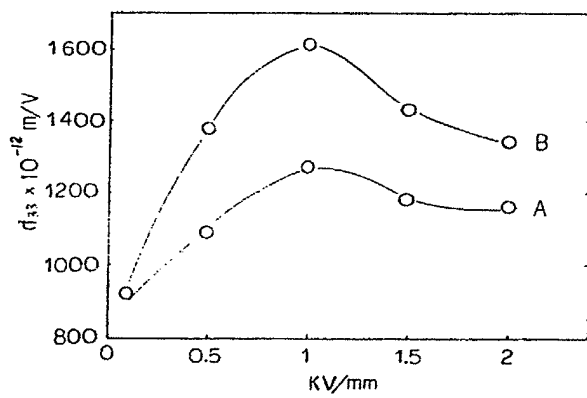
第 1 図



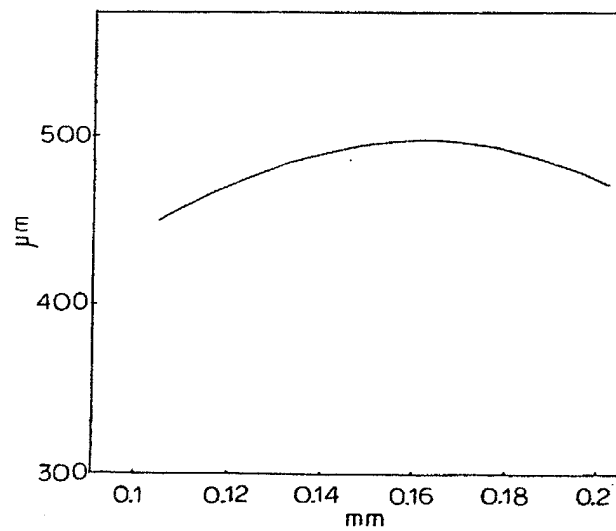
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図

